

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан ММФ
Л.В. Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

Молекулярная физика и математические модели наномеханики

по направлению подготовки

01.04.03 Механика и математическое моделирование

Направленность (профиль) подготовки:

«Механика жидкости, газа и нефтегазотранспортных систем»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.М. Бубенчиков

Председатель УМК
Е.А. Тарасов

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК–1.1 Проводит исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач

ИПК–1.2 Определяет способы практического использования научных (научно-технических) результатов

ИПК–1.3 Осуществляет наставничество в процессе проведения исследований.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тесты;
- задания для самостоятельного решения.

Тест (ИПК–1.1.)

Примеры тестовых вопросов:

1. Плотность функции распределения величины x описывается как $f(x) = Ae^{-U(x)/kT}$. Это распределение:
 - а) Гиббса
 - б) Больцмана
 - в) Максвелла
 - г) Гаусса
2. Постулат эргодической гипотезы говорит о том, что:
 - а) вероятность пребывания частицы в j -ой ячейке определяемая по формуле $\tilde{P}_j = \lim_{T \rightarrow \infty} T_j/T$ не равна вероятности $P_j = \frac{N_{aj}}{N_a}$
 - б) среднее значение наблюдаемой физической величины, взятое по рассматриваемой системе, равно среднему значению, взятому по времени
 - в) для любой системы в ансамбле ее относительное время пребывания в каждом из микросостояний не равно относительному числу систем в ансамбле, находящихся в этом микросостоянии
 - г) среднее значение наблюдаемой физической величины, взятое по времени, равно среднему значению, взятому по ансамблю систем
3. В состоянии равновесия фаз двухфазной системы выполняется равенство
 - а) давлений фаз
 - б) температур фаз
 - в) удельных объемов фаз
 - г) удельных энтропий фаз
 - д) химических потенциалов фаз
 - е) внутренних энергий фаз

Ключи: 1 б), 2 г), 3 а), б), д)

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на половину вопросов.

Задания для самостоятельного решения (ИПК–1.2, ИПК–1.3)

Каждое задание для самостоятельного решения состоит из 1 или 2 задач.

Примеры задач:

Задача 1

В сосуде при нормальных условиях (атмосферное давление и комнатная температура) находится 80% аргона и 20% гелия. Атомы не взаимодействуют между собой. Какова вероятность найти не менее 1 атома аргона и не менее 3 атомов гелия в объеме $V=2 \cdot 10^{-20} \text{ см}^3$?

Задача 2

Сферический сосуд радиуса R , наполненный идеальным газом, расположен в области однородного поля силы тяжести с ускорением свободного падения g . При какой температуре газа T наиболее вероятное положение молекул газа будет находиться вблизи горизонтальной плоскости на расстоянии $R/2$ от центра сферы? Масса молекул газа m .

Задача 3.

1 моль газа адиабатически обратимо и квазистатически расширяется от начального объема V_0 до некоторого объема V . В каком случае охлаждение газа будет больше: когда газ подчиняется уравнению Ван-дер-Ваальса или когда он идеальный? (c_v в обоих случаях считать константой, не зависящей от температуры).

Ответы:

Задача 1. 0,000321

Задача 2. $3mgR/4k$

Задача 3. Охлаждение будет больше в случае, когда газ подчиняется уравнению Ван-дер-Ваальса

Критерии оценивания:

Результаты заданий для самостоятельного решения определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если все задачи решены без ошибок с подробным объяснением хода решения с теоретическими обоснованиями (в т.ч. из лекционного курса), или объяснение хода решения подробное, но недостаточно логичное, с единичными ошибками в деталях или незначительными вычислительными ошибками.

Оценка «не зачтено» выставляется, если задачи полностью не решены, т.е. даны неверные ответы на вопросы задач и отсутствует решение или дано неполное, непоследовательное решение; или даны верные ответы на вопросы задач, но объяснение хода решения дано неполное, непоследовательное, с грубыми ошибками, без теоретического обоснования (в т.ч. лекционным материалом).

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзаменационный билет состоит из двух частей.

Первая часть содержит два случайно выбранных студентом теоретических вопроса из предложенного списка, проверяющих ИПК–1.1, ИПК–1.2, ИПК–1.3. Ответы на вопросы первой части даются в развернутой форме после часа подготовки без использования записей лекционных и практических занятий или дополнительных материалов.

Вторая часть содержит до 5 дополнительных вопросов по темам лекционных занятий, пропущенных студентом, проверяющих ИПК–1.1, ИПК–1.2, ИПК–1.3. Ответ на вопрос второй части дается в краткой форме без подготовки.

Перечень теоретических вопросов:

1. Модель материального тела. Агрегатные состояния вещества. Основные признаки агрегатных состояний.
2. Модель идеального газа. Методы описания поведения систем частиц.
3. Элементарная теория вероятностей. Классическое и геометрическое определение вероятности.

4. Макроскопическое и микроскопическое состояния. Различие микросостояний по положениям и скоростям.
5. Статистический ансамбль систем. Постулат равновероятности.
6. Вычисление средних по ансамблю и по времени. Эргодическая гипотеза.
7. Расчет вероятности макросостояния.
8. Наиболее вероятное число частиц.
9. Среднее число частиц в объеме. Флуктуации. Относительная величина флуктуаций.
10. Канонический ансамбль. Распределение Гиббса.
11. Плотность состояний.
12. Распределение Максвелла. Плотность распределения. Характерные скорости.
13. Частота ударов молекулы о стенку. Число молекул в различных участках распределения Максвелла. Принцип детального равновесия.
14. Независимость плотностей вероятности координат и скоростей частицы. Распределение Больцмана.
15. Смесь газов в сосуде. Атмосфера планет.
16. Основное уравнение кинетической теории газов. Уравнение Клапейрона–Менделеева.
17. Закон Дальтона. Подъемная сила.
18. Термометрическое тело и термометрическая величина. Термометрическая шкала температур. Термометры.
19. Третье начало термодинамики. Распределение энергии по степеням свободы.
20. Броуновское движение. Задачи термодинамики. Работа.
21. Теплоемкость. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении. Соотношения между теплоемкостями.
22. Виды политропных процессов. Уравнения процессов.
23. Энтропия идеального газа. Физический смысл энтропии. Изменение энтропии в идеальном газе.
24. Работа цикла. Коэффициент полезного действия.
25. Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Холодильная машина и нагреватель.
26. Силы связи в молекулах. Межмолекулярные силы в твердых телах. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.
27. Отклонение свойств газов от идеальных. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальная форма уравнения Ван-дер-Ваальса.
28. Изотермы уравнения Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния.
29. Критические параметры. Закон соответственных состояний газа Ван-дер-Ваальса.
30. Схема опыта Джоуля-Томсона. Эффект Джоуля-Томсона.
31. Дифференциальный эффект Джоуля – Томсона в реальном газе. Разность температур в процессе для газа Ван-дер-Ваальса
32. Температура инверсии. Отклонение газа от идеальности. Схема метода Линде.
33. Фазовые превращения. Двухфазная система "жидкость-пар". Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
34. Свободная энергия поверхности. Термодинамика поверхностного натяжения.
35. Кинематические характеристики молекулярного движения: поперечное сечение, средняя длина свободного пробега. Экспериментальное определение поперечного сечения столкновений.
36. Поперечное сечение столкновений в модели твердых сфер.
37. Общее уравнение переноса. Уравнения переноса для стационарного случая: теплопроводность, вязкость, диффузия.
38. Уравнения переноса, зависящие от времени.

39. Время релаксации для концентрации частиц. Явления переноса в разреженных газах.
40. Явления переноса в твердых телах.
41. Явления переноса в жидкостях.

Критерии оценивания:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется при наличии успешно пройденного текущего контроля (сданных тестов и всех заданий для самостоятельного решения с оценкой «зачтено») и, если на все теоретические вопросы первой части даны развернутые верные ответы и даны правильные ответы на большую часть дополнительных вопросов. Студент четко, аргументировано и логично изложил свои ответы на поставленные в вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется при наличии не полностью пройденного текущего контроля (сданных тестов, но наличие менее половины всех заданий для самостоятельного решения с оценкой «зачтено») и, если на все теоретические вопросы первой части даны развернутые верные ответы или даны правильные ответы, но не все изложено развернуто и логически структурировано, и даны не верные ответы на большую часть дополнительных вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при наличии не полностью пройденного текущего контроля (не сдан один из тестов и наличие менее половины всех заданий для самостоятельного решения с оценкой «зачтено») и, если в целом даны правильные ответы на все вопросы первой части, но они изложены поверхностно и с нарушением логики изложения и даны не верные ответы на большую часть дополнительных вопросов

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при не пройденном текущем контроле (не сданы тесты и наличие менее половины всех заданий для самостоятельного решения с оценкой «зачтено») и, если ответы представлены очень поверхностно и с нарушением логики изложения; студент очень плохо владеет основными моделями и концепциями; допущены существенные терминологические и фактические ошибки; даны неправильные ответы, однозначно неправильное понимание вопросов на экзамене.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест (ИПК-1.1.)

Примеры тестовых вопросов:

1. Плотность функции распределения величины x описывается как $f(x) = Ae^{-U(x)/kT}$. Это распределение:
 - а) Гиббса
 - б) Больцмана
 - в) Максвелла
 - г) Гаусса
2. Постулат эргодической гипотезы говорит о том, что:
 - а) вероятность пребывания частицы в j -ой ячейке определяемая по формуле $\tilde{P}_j = \lim_{T \rightarrow \infty} T_j/T$ не равна вероятности $P_j = \frac{N_{aj}}{N_a}$
 - б) среднее значение наблюдаемой физической величины, взятое по рассматриваемой системе, равно среднему значению, взятому по времени
 - в) для любой системы в ансамбле ее относительное время пребывания в каждом из микросостояний не равно относительному числу систем в ансамбле, находящихся в этом микросостоянии
 - г) среднее значение наблюдаемой физической величины, взятое по времени, равно среднему значению, взятому по ансамблю систем

3. В состоянии равновесия фаз двухфазной системы выполняется равенство

- а) давлений фаз
- б) температур фаз
- в) удельных объемов фаз
- г) удельных энтропий фаз
- д) химических потенциалов фаз
- е) внутренних энергий фаз

Ключи: 1 б), 2 г), 3 а), б), д)

Информация о разработчиках

Бубенчиков Алексей Михайлович, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики механико-математического факультета ТГУ,

Челнокова Анна Сергеевна, старший преподаватель кафедры теоретической механики механико-математического факультета ТГУ.